

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-69336

(P2003-69336A)

(43) 公開日 平成15年3月7日(2003.3.7)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 1 Q 7/00		H 0 1 Q 7/00	2 C 0 0 6
B 4 2 D 15/10	5 2 1	B 4 2 D 15/10	5 2 1 5 B 0 5 8
G 0 6 K 17/00		G 0 6 K 17/00	B 5 J 0 2 1
H 0 1 Q 1/38		H 0 1 Q 1/38	5 J 0 4 6
5/01		5/01	5 K 0 1 2

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-258709(P2001-258709)

(22) 出願日 平成13年8月28日(2001.8.28)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 大原 隆芳

東京都品川区大崎2丁目8番8号 富士通
デバイス株式会社内

(74) 代理人 100070150

弁理士 伊東 忠彦

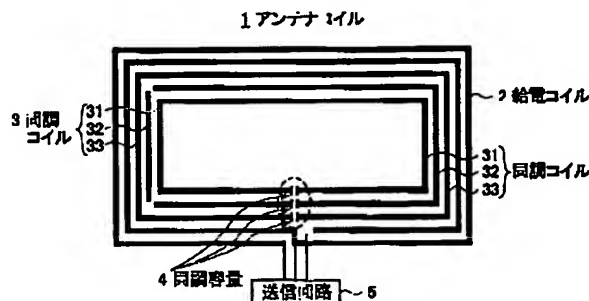
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アンテナコイル及び非接触ICカード用リードライトシステム

(57) 【要約】

【課題】 同調点のずれを解消して、同調周波数帯域を
広くもったアンテナコイルを提供する。【解決手段】 アンテナコイル1は、給電コイル2と、
給電コイルと相互誘導により結合する同調コイル31、
32、33と同調コイルに接続される同調容量4とから
なる複数の同調回路とを備え、同調点が複数現れるよう
に同調回路を配置している。また、給電コイル2と同調
回路とが同軸上に配置されている。さらに、給電コイル
1と同調回路とが同一平面上に配置され、かつ同調回路
が給電コイルの内側に配置されている。

本発明の第1の実施形態によるアンテナコイルを示す図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 給電コイルと、
該給電コイルと相互誘導により結合する同調コイルと該同調コイルに接続される同調容量とを有する同調回路と、を備え、
同調点が複数現れるように前記同調回路を配置したことを特徴とするアンテナコイル。

【請求項2】 請求項1記載のアンテナコイルにおいて、
前記給電コイルと前記同調回路とが同軸上に配置されることを特徴とするアンテナコイル。

【請求項3】 請求項1又は2記載のアンテナコイルにおいて、
前記給電コイルと前記同調回路とが同一平面上に配置され、かつ前記同調回路が前記給電コイルの内側に配置されることを特徴とするアンテナコイル。

【請求項4】 請求項1又は2記載のアンテナコイルにおいて、
前記給電コイルと前記同調回路とが同一平面上に配置され、かつ1の同調回路が前記給電コイルの内側に配置されるとともに、他の同調回路が前記給電コイルの外側に配置されることを特徴とするアンテナコイル。

【請求項5】 請求項1又は2記載のアンテナコイルにおいて、
前記給電コイルと前記同調回路とが同一平面上に配置され、かつ前記同調回路が前記給電コイルの外側に配置されることを特徴とするアンテナコイル。

【請求項6】 請求項1又は2記載のアンテナコイルにおいて、
前記給電コイルと前記同調回路とが異なる平面上に配置され、かつ前記同調回路が前記給電コイルに対して間隔を隔てて重ねて配置されることを特徴とするアンテナコイル。

【請求項7】 請求項1乃至6のいずれかに記載のアンテナコイルを用いた非接触ICカード用リードライトシステム。

【請求項8】 電子部品が実装された第1の実装基板と、スペーサを介して回路基板上に設けられた第2の実装基板とを有し、該第2の実装基板上に請求項1乃至6のいずれかに記載のアンテナコイルが形成されていることを特徴とする非接触ICカード用リードライトシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、非接触ICカード用リーダライタなどに用いられるアンテナコイル、及び非接触ICカード用リーダライタシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、光または磁界を用いて電力供給側からICカードに対して非接触で電力を供給することは

知られている。例えば、駅の改札口やバスや入退口等において使用するキャッシュカード、クレジットカード、乗車券や定期券等をICカード化し、このICカードを使用者が駅の改札口やバスや入退口等に備えられたリーダライタに対して非接触で通過させたとき、リーダライタとカードとの間での電磁誘導方式等により電力または/及び信号の受渡しを行う非接触ICカードである。

【0003】ところで、従来における非接触ICカードとリーダライタとの通信時において、双方のアンテナ同士が近づくと、電磁誘導により生じた誘起電流によりインピーダンスが生じてしまい、互いの同調点がずれてしまうという問題があった。同調点がずれてしまうと通信特性は低下し、さらに同調点の帯域が狭いと、通信特性の低下は顕著に現れる。

【0004】図1は、このような従来のアンテナコイルの回路図を示しており、図1(a)は従来のアンテナコイルにおける等価回路、図1(b)は従来のアンテナ特性を示している。また、同調時のLあるいはCの電圧が電源電圧の何倍になっているかをQという値で表すことができ、Qは次式(1)で表される。

【0005】

【数1】

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad \dots (1)$$

従来の単体コイルでは、図1(a)に示すように、構造上Qが高くなってしまうため、同調点が合えば非常に高効率であるといえるが、同調点がずれたときの通信特性は著しく低下してしまうという問題があった。また、従来のアンテナコイルでは、コイルのインピーダンスが高くなってしまうため、送信機等とのマッチングが取り難く、マッチング回路等の周辺回路設計が必要となってしまう。このようなことから、あらかじめ同調点がずれることを予測して、アンテナを作成することが行われてきた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、非接触ICカードのように距離が変化しながら通信するシステムでは、たとえ同調点のずれを修正したとしても期待できる効果は得られない。また、コイルに抵抗等を挿入し、Qを下げることもできるが出力レベルの低下が起るため、用途に制限が生じてしまい、本質的な対策にはなり得ない。

【0007】そこで、本発明は上記従来技術の問題点を解決し、同調点のずれを解消して、同調周波数帯域を広くもったアンテナコイルを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係るアンテナコイルは、給電コイルと、給電コイルと相互誘導により結合する同調コイルと同調コ

イルに接続される同調容量とを有する同調回路とを備え、同調点が複数現れるように同調回路を配置したことを特徴とするものである。

【0009】また、本発明に係るアンテナコイルは、給電コイルと同調回路とが同軸上に配置されることを特徴とする。

【0010】さらに、本発明に係るアンテナコイルは、給電コイルと同調回路とが同一平面上に配置され、かつ同調回路が給電コイルの内側に配置されることを特徴とする。

【0011】上記本発明のアンテナコイルによれば、同調回路が持つそれぞれの同調点を微妙にずらすことで、一つ一つの同調回路における同調点を現すことができ、低インピーダンスで同調周波数帯域の広いアンテナを作成できる。

【0012】従って、コイル同士が通信する際に、同調点のずれによる通信特性の低下を防ぐことができる。また、通信効率を上げることで、送信機における送信電力を少なくすることができ、コストダウンや性能向上に寄与する。さらに、アンテナ中に同調回路を持たせているため、従来別途必要であった同調回路が不要となり、装置全体の設計が容易となる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を用いて説明する。まず、本発明に係るアンテナコイルを説明する前に、本発明に係るアンテナコイルを用いた非接触ICカード用リードライトシステムの構成について図11を用いて説明する。図11は、本発明に係るアンテナコイルを用いた非接触ICカード用リードライトシステムを示す図である。

【0014】図11に示すように、このリードライトシステム1は、図示しないICカードに高周波電力信号を送信し、及びICカードからの高周波信号を受信するアンテナコイル1と、ICカードへの送信データと電力とを高周波電力信号に変換する送信回路5、ICカードからの高周波信号を受信データに変換する受信回路6、供給される同期信号をIFから出力されるデータに応じて変調する変調回路7、受信した信号を復調する復調回路8、ICカードとリードライト無線通信を制御する制御マイコン9、インターフェースIFで構成されている。

【0015】外部より発せられた命令をインターフェースIF、制御マイコン9で受け取り、変調回路7にて変調信号に変換し送信回路5を介してアンテナコイル1からICカードに送信を行うものである。なお、変調回路、復調回路の構成は、デジタル回路、アナログ回路、またデジタル、アナログ混在回路のいずれでもかまわず、図11に示す構成に限定されるものではない。

【0016】次に、本発明に係るアンテナコイルについて具体的に説明する。図2は、本発明の第1の実施形態によるアンテナコイルを示す図である。図2に示すよう

に、1はアンテナコイル、2は送信回路5に接続される2巻の給電コイルと、3は給電コイルと相互誘導により結合する同調コイルと、4は同調コイル3に接続される共振容量としてのコンデンサ、同調コイル3と共振容量4とが同調回路を形成する。

【0017】また、同調コイル3 1と同調容量4とが第1の同調回路を、同調コイル3 2と同調容量4とが第2の同調回路を、同調コイル3 3と同調容量4とが第3の同調回路を形成するので、本実施の形態においては、3つの同調回路が形成されている。また、アンテナコイル1は、同調回路の同調点が3つ現れるように、給電コイル2と、第1から第3の同調回路とが、同一平面上に配置され、第1から第3の同調回路が給電コイル2の内側に配置されている。

【0018】また、アンテナコイル1は、アンテナコイル1内に同調回路自体を備えている点に特徴がある。従来のアンテナコイルでは、ICカードのアンテナと同調を取るため、アンテナコイルとは別に同調回路を必要としていたが、図11に示すように、本発明におけるアンテナコイル1では、アンテナコイル1内に同調回路自体を備えているため、従来のような同調回路を別途設ける必要はなく、回路削除によるコストダウンに貢献する。また、本発明においては、後述するスタガ同調の原理を用いているため、第1から第3の同調回路が持つ同調点を微妙にずらすことで同調回路一つ一つの同調点を現すことができ、低インピーダンスで同調周波数帯域の広いアンテナを作成できる。

【0019】ここで、本発明におけるアンテナコイルの理解を助けるためにスタガ同調の原理について簡単に説明する。図3は、スタガ同調の原理を説明するための図である。複数の共振回路を用いた同調回路をスタガ同調回路といい、この原理を用いることにより、個々の同調点がずれるように同調回路を配置して、アンテナトータルの特性を広げることができる。

【0020】図3において、図3(a)は、給電回路と同調回路とを示している。また、図3(b)は、図3(a)で給電回路と1つの同調回路を取り出したものを示しており、給電回路と同調回路とは結合係数Mによって結合されている。また、図3(c)は、図3(b)に示した回路の等価回路を示しており、Z1は給電側のインピーダンス、Z2は同調側のインピーダンスを示している。

【0021】ここで、給電側のインピーダンスであるZ1は、同調側のインピーダンスZ2に比べて非常に小さいため($Z2 \ll Z1$)、図3(d)に示すように、同調側のインピーダンスZ2がアンテナ全体のインピーダンスと考えることができる。また、同調側のインピーダンスZ2の値も非常に小さいことからため、アンテナ全体としてのインピーダンスも非常に低いものとなる。したがって、本実施の形態におけるアンテナコイル1におい

ては、外側の給電コイル2のインピーダンスは見えず、内側の同調回路のインピーダンスだけが見えるため、同調点も内側の同調回路のものだけがアンテナの外側から見えることになる。

【0022】また、RF帯においては、上述したように、給電コイルと同調回路とは結合係数Mによって結合している。そして、給電コイルと同調回路との結合が密になってしまうと、すなわち結合係数 $M \approx 1$ になってしまうと同調回路同士が結合してしまい一つのアンテナとしての特性しか示さず、図4に示すような同調点が複数現れるアンテナ特性を示さない。そこで、本発明のアンテナコイル1を実現するには、給電コイル1と、第1から第3の同調回路との結合を粗にして($M \ll 1$)、第1から第3の同調回路における個々の同調点が図4のように別々に現れるようにする。これにより、給電コイルから見ると個々の同調点が見えることになる。

【0023】本発明のように、同調回路のそれぞれが持つ同調点を微妙にずらすことで同調回路一つ一つの同調点を現すことができ、低インピーダンスで同調周波数帯域の広いアンテナを作ることができる。従って、通信時において、アンテナ同士の同調点がずれたとしても、出力レベルの低下を防止することができ、通信特性を損なわない。

【0024】次に、同調コイルにおける同調点を複数現れるようにするため、図2で説明したアンテナコイル1の具体的構成を図5を用いて説明する。図5に示すように、給電コイル2と、同調コイル31、32、33と同調容量4とからなる同調回路は同一平面上に配置され、かつそれぞれを同軸上に配置している。このように、給電コイル2と同調回路とを同軸上に配置すれば、第1から第3の同調回路のインダクタンスは同軸の内側に行くに従って少しずつ小さくなり、同じ値の同調容量4を用いることで、同調点も自動的に少しずつ異なるようにできる。

【0025】図5に示すように、本実施形態において、アンテナコイル1を、所定の給電コイル2、同調コイル31を0.22[μH]、同調コイル32を0.20[μH]、同調コイル33を0.18[μH]、共振容量4を410[pF]とで構成している。この場合、同調周波数は以下の式(2)により決定される。

【0026】

$$\text{同調周波数}(f_c) = 1 / 2\pi\sqrt{LC} \quad \dots (2)$$

この(2)式より、第1の同調回路の同調周波数(f_{c1})は16.76[MHz]、第2の同調回路の同調周波数(f_{c2})は17.58[MHz]、第3の同調回路の同調周波数(f_{c3})は18.53[MHz]となり、アンテナコイル1全体として、図4に示すように同調点が3つ現れる。これにより、アンテナコイル全体として同調周波数帯域を広く持ち、低Qで、低インピーダンスなアンテナコイルを容易に作成できる。

【0027】次に、第2の実施形態について図6を用いて説明する。図6は、本発明の第2の実施形態によるアンテナコイルを示す図である。なお、以下、図2の第1の実施形態において詳細に説明した箇所についてはその説明を省略する。

【0028】図6に示すように、アンテナコイル11は、給電コイル12、同調コイル131、132、133、134と同調容量4とからなる同調回路を備えており、同調コイル131と同調容量4とが第1の同調回路を、同調コイル132と同調容量4とが第2の同調回路を、同調コイル133と同調容量4とが第3の同調回路を、同調コイル134と同調容量4とが第4の同調容量を形成するので、本実施の形態においては、4つの同調回路が形成されている。

【0029】また、アンテナコイル11は、同調回路の同調点が3つ現れるように、給電コイル12と、第1から第4の同調回路とが、同一面上に配置され、かつ第1及び第2の同調回路が給電コイル12の内側に、第3及び第4の同調回路が給電コイル12の外側に配置されている。これにより、アンテナコイル12は、第1から第4の同調回路が持つそれぞれの同調点を微妙にずらすことができ、一つ一つの同調回路における同調点を現すことができ、低インピーダンスで同調周波数帯域の広いアンテナを作成できる。

【0030】次に、第3の実施形態について図7を用いて説明する。図7は、本発明の第3の実施形態によるアンテナコイルを示す図である。図7に示すように、アンテナコイル21は、給電コイル22、同調コイル231、232、233と同調容量4とからなる同調回路を備えており、同調コイル231と同調容量4とが第1の同調回路を、同調コイル232と同調容量4とが第2の同調回路を、同調コイル233と同調容量4とが第3の同調回路を形成するので、本実施の形態においては、3つの同調回路が形成されている。

【0031】また、アンテナコイル21は、同調回路の同調点が3つ現れるように、給電コイル22と、第1から第3の同調回路とが、同一面上に配置され、かつ第1から第3の同調回路が給電コイル22の外側に配置されている。これにより、アンテナコイル22は、第1から第4の同調回路が持つそれぞれの同調点を微妙にずらすことで、一つ一つの同調回路における同調点を現すことができ、低インピーダンスで同調周波数帯域の広いアンテナを作成できる。

【0032】次に、第4の実施形態について図8を用いて説明する。図8は、本発明の第4の実施形態によるアンテナコイルを示す図である。

【0033】図8はアンテナコイル31を示している。図8(a)は、給電コイル32が表面に実装された基板KBを表面から見た図を示しており、図8(b)は、同調コイル331、332、333と同調容量4とからなる

る同調回路が実装された基板KBを裏面から見た図を示している。また、同調コイル331と同調容量4とが第1の同調回路を、同調コイル332と同調容量4とが第2の同調回路を、同調コイル333と同調容量4とが第3の同調回路を形成するので、本実施の形態においては、3つの同調回路が形成されている。

【0034】アンテナコイル31は、同調回路の同調点が3つ現れるように、給電コイル32と、第1から第3の同調回路とが異なる平面上に配置され、かつ第1から第3の同調回路が給電コイルに対して間隔を隔てて重ねて配置する。本実施の形態をモジュールに適用する際に、アンテナコイル31のうち、基板の一方の面に給電コイル32を配置し、基板の他方の面に第1から第3の同調回路を配置する。

【0035】これにより、アンテナコイル31は、給電コイル32と、第1から第3の同調回路とを重ねて配置することができ、上述した実施の形態と同様に、第1から第3の同調回路が持つそれぞれの同調点を微妙にずらすことで、一つ一つの同調回路における同調点を現すことができ、低インピーダンスで同調周波数帯域の広いアンテナを作成できる。

【0036】次に、第5の実施形態について図9を用いて説明する。図9は、本発明の第5の実施形態によるアンテナコイルを示す図である。図9に示すように、アンテナコイル41は、給電コイル42、同調コイル431、432、433と同調容量4とからなる同調回路を備えており、同調コイル431と同調容量4とが第1の同調回路を、同調コイル432と同調容量4とが第2の同調回路を、同調コイル433と同調容量4とが第3の同調回路を形成するので、本実施の形態においては、3つの同調回路が形成されている。

【0037】また、本実施の形態においては、給電コイルと同調コイルとが円形に形成されている点に特徴がある。アンテナコイル41は、同調回路が3つ現れるように、給電コイル42と、第1から第3の同調回路とが、同一面上に配置され、かる第1から第3の同調回路が給電コイル42の内側に配置されている。

【0038】これにより、アンテナコイル41は、第1から第4の同調回路が持つそれぞれの同調点を微妙にずらすことで、一つ一つの同調回路における同調点を現すことができ、低インピーダンスで同調周波数帯域の広いアンテナを作成できる。

【0039】次に、第6の実施形態について図10を用いて説明する。図10は、本発明の第6の実施形態によるアンテナコイルを示す図である。図10に示すように、アンテナコイル51は、給電コイル52、同調コイル531、532、533と同調容量4とからなる同調回路を備えており、同調コイル531と同調容量4とが第1の同調回路を、同調コイル532と同調容量4とが第2の同調回路を、同調コイル533と同調容量4とが

第3の同調回路を形成するので、本実施の形態においては、3つの同調回路が形成されている。

【0040】本実施の形態においては、給電コイルと同調コイルとが八角形に形成されている点に特徴がある。また、アンテナコイル41は、同調回路が3つ現れるように、給電コイル52と、第1から第3の同調回路とが、同一平面上に配置され、かる第1から第3の同調回路が給電コイルの内側に配置されている。

【0041】なお、本発明に係るアンテナコイルにおいて、給電コイル、同調コイルの巻数、本数、コイルの素材や形状なども上述した実施の形態に限定されるものではない。

【0042】次に、本発明に係るアンテナコイルを用いた非接触ICカードリードライトシステムについて説明する。図12は、本発明に係るアンテナコイルを用いた非接触ICカードリードライトシステムの構成例を示す図である。図12に示すように、リードライトシステム1は、本発明に係るアンテナコイル1を実装する実装基板Aと、送信回路5、受信回路6、変調回路7、復調回路8、制御マイコン9、及びUSB接続するためのUSBインターフェースIF(USB)を実装する実装基板Bと、アンテナコイル1より生じた電波を実装基板Bの反射等から防ぐために実装基板Aと実装基板Bとの間に挿入される4本のスペーサーCとから構成されている。

【0043】本発明に係るアンテナコイルを非接触ICカード用リータライタシステムに適用することで、周波数帯域の広いアンテナを用いて、非接触ICカードとの通信特定の向上が図られる。

【0044】以上本発明の好ましい実施の形態について詳述したが、本発明に係るアンテナコイルは、非接触ICカード用リータライタシステムに用いるものに限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

【0045】

【発明の効果】以上詳述したところから明らかなように、本発明によれば、コイル同士が通信する際に、同調点のずれによる通信特性の低下を防ぐことができる。また、通信効率を上げることで、送信機における送信電力を少なくすることができ、コストダウンや性能向上に寄与する。さらに、別途同調回路を設ける必要がないため、装置全体の設計が容易となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来のアンテナコイルを説明するための図である。

【図2】本発明の第1の実施形態によるアンテナコイルを示す図である。

【図3】スタガ同調回路の原理を説明するための図である。

【図4】本発明に係るアンテナコイルのアンテナ特性を

示す図である。

【図5】第1の実施形態によるアンテナコイルを説明するための図である。

【図6】本発明の第2の実施形態によるアンテナコイルを示す図である。

【図7】本発明の第3の実施形態によるアンテナコイルを示す図である。

【図8】本発明の第4の実施形態によるアンテナコイルを示す図である。

【図9】本発明の第5の実施形態によるアンテナコイルを示す図である。

【図10】本発明の第6の実施形態によるアンテナコイルを示す図である。

【図11】第1の実施形態に係るアンテナコイルを用いた非接触ICカード用リードライトシステムを示す図である。

【図12】本発明に係るアンテナコイルを用いた非接触

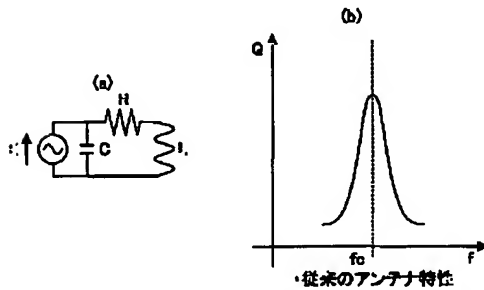
ICカードリードライトシステムの構成例を示す図である。

【符号の説明】

- 1、11、21、31、41、51 アンテナコイル
- 2、12、22、32、42、52 給電コイル
- 3、31、32、33、131、132、133、13
- 4、231、232、233、331、332、33
- 3、431、432、433、531、532、533
- 同調コイル
- 4 共振容量
- 5 送信回路、
- 6 受信回路
- 7 変調回路
- 8 復調回路
- 9 制御マイコン
- 10 I F

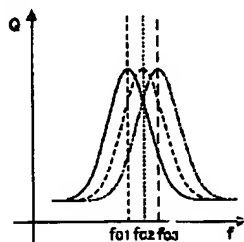
【図1】

従来のアンテナコイルを説明するための図



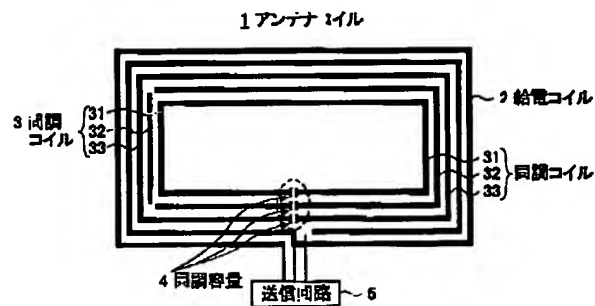
【図4】

本発明に係るアンテナコイルのアンテナ特性を示す図



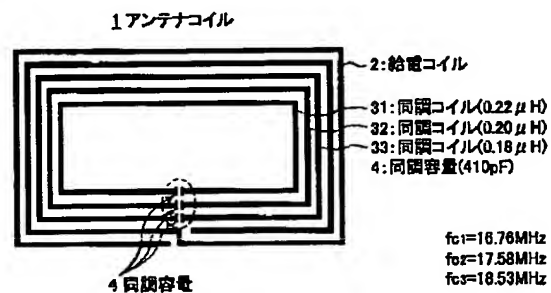
【図2】

本発明の第1の実施形態によるアンテナコイルを示す図



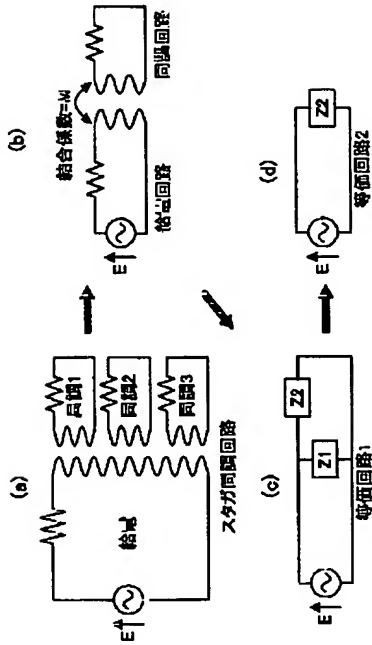
【図5】

第1の実施形態によるアンテナコイルを説明するための図



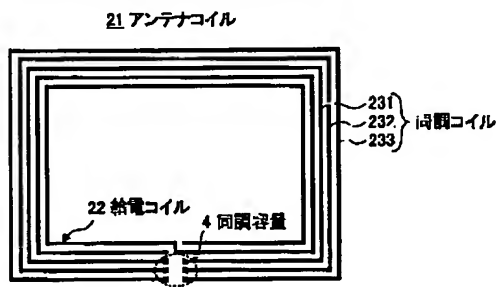
【図3】

スタガ同調回路の原理を説明するための図



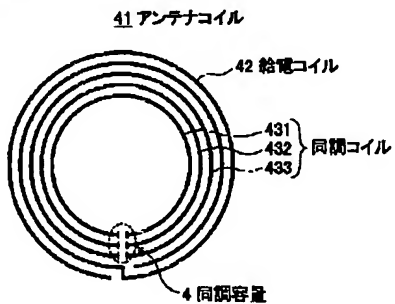
【図7】

本発明の第3の実施形態によるアンテナコイルを示す図



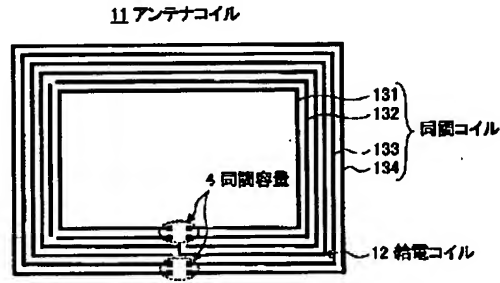
【図9】

本発明の第5の実施形態によるアンテナコイルを示す図



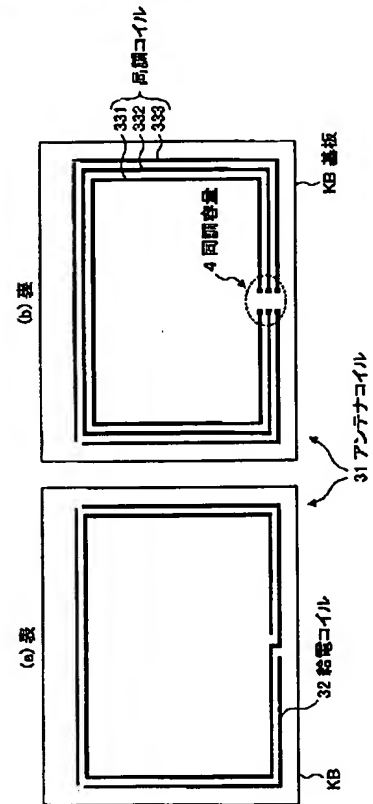
【図6】

本発明の第2の実施形態によるアンテナコイルを示す図



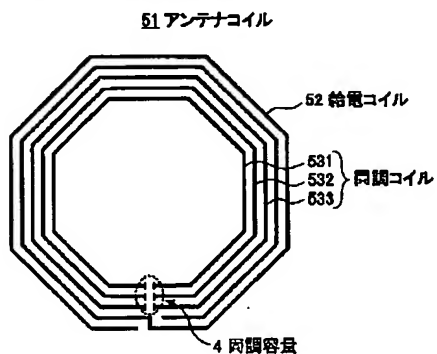
【図8】

本発明の第4の実施形態によるアンテナコイルを示す図



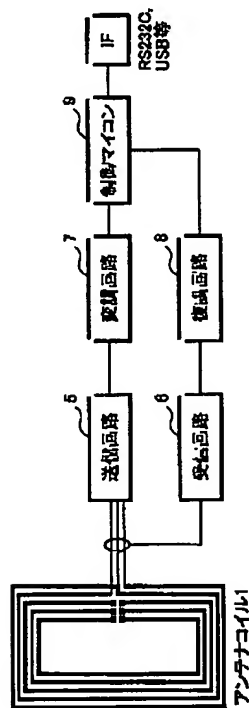
【図10】

本発明の第6の実施形態によるアンテナコイルを示す図



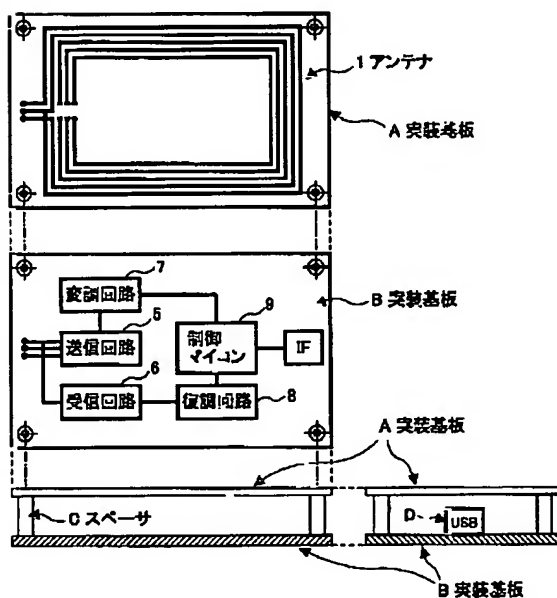
【図11】

図1の実施形態に係るアンテナコイルを用いた非接触ICカード用リードライトシステムを示す図



【図12】

本発明に係るアンテナコイルを用いた非接触ICカードリードライトシステムの構成例を示す図



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	(参考)
H 0 1 Q	21/30	H 0 1 Q	21/30
H 0 4 B	5/02	H 0 4 B	5/02

Fターム(参考) 2C005 MA40 NA08
5B058 CA15 KA24
5J021 AA01 AB04 CA05 DB07 JA02
5J046 AA03 AB11 PA07
5K012 AA04 AB02 AB05 AC06 AC08
AC10 AE13 BA02

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.